République Algérienne Démocratique et Populaire

Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة عبد الحميد بن باديس مستغانم
كلية علوم الطبيعة والحياة

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AQUACULTURE

Mémoire de fin d'études

Présenté par

Alimerina Mohamed Abdelhadi et Kennai Rabah Ebdelillah

Pour l'obtention du diplôme de

Master en hydrobiologie marine et continentale

Spécialité : bioressource marine

Thème

Etude de la qualité des huiles extraites d'un poisson bleu (thon rouge *Thunnus maccoyii*)

Soutenue le 24/ 06/2026

Devant le Jury

Président	**Dr. BELBACHIR. N**	**M.C.A Mostaganem**
Encadreur	**Dr.CHIKH DJAOUTSI. DMCB**	**M.C.B. Mostaganem**
Examinateur	**Dr. BENZIDANE.D.**	**M.C.A. Mostaganem**

Année universitaire 2025/2026

Remerciements

Au terme de ce travail, je remercie Dieu, le Tout-Puissant, de m'avoir donné la force et le courage nécessaires pour mener à bien ce projet
Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mon encadrante, ***Mme CHIKH DJAOUTSI. D****, pour ses encouragements constants et pour la générosité avec laquelle elle a partagé son savoir et son expertise.*

Mes remerciements vont également à l'ensemble des enseignants qui ont contribué à ma formation, pour leurs enseignements et leur soutien tout au long de mon parcours académique.

Ma gratitude s'étend aux membres du jury, ***Dr. BELBACHIR. N***

Mme BENZDANE, *pour avoir consacré de leur temps précieux à évaluer et à apprécier ce travail.*

Je tiens à exprimer ma reconnaissance infinie envers ma famille pour leur soutien inconditionnel, leurs encouragements constants et leur compréhension durant les périodes d'intense concentration sur ce projet de fin d'études.

Enfin, je remercie toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué de quelque manière que ce soit à l'élaboration de ce travail. Merci infiniment

Résumé

Le thon (*Thunnus thynnus*), poisson bleu appartenant à la famille des Scombridés, représente l'une des espèces marines les plus importantes sur le plan économique et alimentaire en Méditerranée. Ses sous-produits, notamment la chair et la peau, sont exceptionnellement riches en acides gras polyinsaturés de type oméga-3, largement reconnus pour leurs bénéfices nutritionnels, cardiovasculaires et thérapeutiques considérables. La valorisation de ces sous-produits constitue ainsi une opportunité écologique et économique d'un grand intérêt.

Cette étude vise l'extraction et la caractérisation physico-chimique de l'huile de thon obtenue à partir de ces deux tissus biologiques par la méthode de Soxhlet. Cette technique, bien établie en chimie analytique, est particulièrement appréciée pour sa simplicité, son efficacité et sa reproductibilité. Les échantillons ont été soigneusement préparés par dissection, séchage et broyage avant l'extraction. Les rendements d'extraction élevés obtenus confirment la richesse lipidique des deux tissus et l'adéquation de la méthode de Soxhlet pour ce type de matrice biologique.

Les analyses physico-chimiques réalisées — indice de réfraction, indice de peroxyde, indice d'acide, densité et pH — ont donné des résultats pleinement conformes aux normes internationales de qualité pour les huiles de poisson. Ces paramètres indiquent collectivement une bonne qualité chimique et une stabilité oxydative satisfaisante des huiles extraites, suggérant des conditions de conservation adéquates et de faibles niveaux de dégradation lipidique. Plus précisément, l'huile issue de la peau présente le meilleur rendement d'extraction, faisant d'elle la source tissulaire la plus productive, tandis que l'huile de chair se distingue par une stabilité oxydative légèrement supérieure, reflétant une meilleure résistance au rancissement au fil du temps.

L'ensemble de ces résultats confirme le potentiel significatif de la valorisation du thon et de ses sous-produits comme source fiable d'huile de haute qualité pour les industries alimentaire, cosmétique et pharmaceutique. Ce travail contribue à promouvoir une exploitation plus durable, efficace et intégrale des ressources halieutiques marines, en accord avec les priorités environnementales et économiques actuelles.

Mots-clés : thon rouge, Scombridés, extraction Soxhlet, huile de poisson, acides gras oméga-3, caractérisation physico-chimique, stabilité oxydative, valorisation, sous-produits marins.

Abstract

Tuna (*Thunnus thynnus*), an oily fish belonging to the Scombridae family, represents one of the most economically important marine species in the Mediterranean Sea. Its by-products, particularly the flesh and skin, are exceptionally rich in polyunsaturated omega-3 fatty acids, which are widely recognized for their considerable nutritional, cardiovascular, and therapeutic benefits. The valorization of these by-products therefore constitutes both an ecological and an economic opportunity of great interest.

This study aims to extract and physicochemically characterize tuna oil obtained from these two biological tissues using the Soxhlet method. This technique, well established in analytical chemistry, is particularly valued for its simplicity, efficiency, and reproducibility. Samples were carefully prepared through dissection, drying, and grinding prior to extraction. The high extraction yields obtained confirm the lipid richness of both tissues and the suitability of the Soxhlet method for this type of matrix.

The physicochemical analyses performed — including the refractive index, peroxide value, acid value, density, and pH — returned results fully consistent with international quality standards for fish oils. These parameters collectively indicate good chemical quality and satisfactory oxidative stability of the extracted oils, suggesting adequate preservation conditions and low levels of lipid degradation. More specifically, the skin-derived oil demonstrated the highest extraction yield, making it the most productive tissue source, while the flesh-derived oil exhibited slightly superior oxidative stability, reflecting a better resistance to rancidity over time.

Taken together, these findings confirm the significant potential of valorizing tuna and its by-products as a reliable source of high-quality oil for the food, cosmetic, and pharmaceutical industries. This work contributes to promoting a more sustainable, efficient, and comprehensive exploitation of marine fishery resources, in line with current environmental and economic priorities.

Keywords: bluefin tuna, Scombridae, Soxhlet extraction, fish oil, omega-3 fatty acids, physicochemical characterization, oxidative stability, valorization, marine by-products.

الملخص

تُعدّ التونة (*Thunnus thynnus*)، وهي سمك دهني ينتمي إلى فصيلة الإسقمريات، من أبرز الأنواع البحرية ذات الأهمية الاقتصادية والغذائية الكبرى في البحر الأبيض المتوسط. تتميز منتجاتها الثانوية، ولا سيما اللحم والجلد، بغناها الاستثنائي بأحماض أوميغا-3 الدهنية المتعددة غير المشبعة، التي تحظى باعتراف علمي واسع بفضل فوائدها الغذائية والقلبية الوعائية والعلاجية. ومن ثَمّ، فإن استغلال هذه المنتجات الثانوية يُمثّل فرصة بيئية واقتصادية بالغة الأهمية.

تهدف هذه الدراسة إلى استخلاص زيت التونة من هذين النسيجين البيولوجيين ودراسة خصائصه الفيزيائية والكيميائية باستخدام طريقة سوكسلت، وهي تقنية راسخة في الكيمياء التحليلية تُقدَّر بفضل بساطتها وكفاءتها وقابليتها للتكرار. خضعت العينات لعمليات تحضير دقيقة شملت التشريح والتجفيف والطحن قبل الشروع في الاستخلاص. وقد كشفت معدلات الاستخلاص المرتفعة عن الثروة الدهنية لكلا النسيجين وملاءمة طريقة سوكسلت لهذا النوع من المواد.

أظهرت التحليلات الفيزيائية والكيميائية المُجراة — والتي شملت معامل الانكسار، قيمة البيروكسيد، قيمة الحموضة، الكثافة، والرقم الهيدروجيني — نتائج متوافقة تمامًا مع المعايير الدولية لجودة زيوت الأسماك. وتُشير هذه المعاملات مجتمعةً إلى جودة كيميائية جيدة وثبات أكسدي مُرضٍ للزيوت المستخلصة، مما يدل على ظروف حفظ ملائمة ومستويات منخفضة من التحلل الدهني. وبشكل أكثر تحديدًا، حقّق زيت الجلد أعلى معدل استخلاص، مما يجعله المصدر النسيجي الأكثر إنتاجية، في حين تميّز زيت اللحم بثبات أكسدي أفضل نسبيًا، مما يعكس مقاومة أكبر للتزنّخ بمرور الوقت.

تؤكد هذه النتائج مجتمعةً الإمكانات الكبيرة لاستغلال التونة ومنتجاتها الثانوية بوصفها مصدرًا موثوقًا لزيت عالي الجودة يخدم صناعات الأغذية والتجميل والأدوية. ويُسهم هذا العمل في تعزيز استغلال أكثر استدامةً وكفاءةً وشمولًا للموارد السمكية البحرية، بما يتوافق مع الأولويات البيئية والاقتصادية الراهنة.

الكلمات المفتاحية: التونة الحمراء، الإسقمريات، استخلاص سوكسلت، زيت السمك، أحماض أوميغا-3 الدهنية، التوصيف الفيزيائي والكيميائي، الثبات الأكسدي، الاستغلال الأمثل، المنتجات البحرية الثانوية.

Sommaire

INTRODUCTION GÉNÉRALE 10

Introduction 11

CHAPITRE I : RAPPELS BIBLIOGRAPHIQUES12

I. Généralités sur les scombridés 13

I.1 Taxonomie des scombridés 14

I.2 Généralité de l'espèce étudiée 16

I.3 Description de l'espèce étudiée 16

I.4 Composition biochimique de l'espèce étudiée 20

I-5 Procède d'extraction des huiles 22

I-7 Méthodes d'extraction des huiles de poisson 23

I-8 Composants de l'appareil Soxhlet 26

I-9 Procédure étape par étape d'extraction de Soxhlet 26

I-10 Facteurs affectant la précision de l'extraction de Soxhlet 29

I-11 Avantages et limites de la méthode Soxhlet 30

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODE

II.- Échantillonnage et traitements au laboratoire 33

II.-1 Mensurations et pesées 33

II-2 La dissection 34

II-3 Préparation l'échantillon 35

II -4 Protocole d'Extraction par la Méthode de Soxhlet 37

II -5 Contrôle de qualité des huiles extraire 39

IIIRésultats et discussion : 45

1- Rendements de l'extraction des huiles du thon 46

2- Résultats des Analyses Physico-chimique des huiles 47

3-Les calculs des indices des analyses physico-chimiques de l'huile 50

CONCLUSION ……..52

Reference……..54

Annexe……..57

Liste des figures

FIGURE 1 : Schéma morphologique d'un scombridé**…….…….…….7**

FIGURE 2 : photo de l'espèce étudié**……..,,…….…….9**

FIGURE 3 : Thon rouge Thunnus thynnus. **…….……..……...10**

FIGURE 4 : répartition géographique Thunnus thynnus. **……...……..……11**

FIGURE 5 : Huiles de poisson sous formes gélules (Lozachmeuret, 200**8). ……..……16**

FIGURE 06 : Schéma de Principe de fabrication des hydrolysats protéiques. (Ifremer, 2012) **…..18**

FIGURE 7 l'appairage soxhlet prêt pour l'extraction**…….…… 20**

FIGURE 8 : Thon rouge Thunnus thynnus. Observée au port de Tenes Chlef**……... 26**

FIGURE 9 : Matériel utilisé pour enlever la chair et la peau de poisson **…….……27**

FIGURE 10 : rota vapeur**…….,,……28**

FIGURE 11 : Soxhlet **……...28**

FIGURE 12 : mensuration du l'échantillon **…….……29**

FIGURE 13 :la chaire et la peux après la dissection **……29**

FIGURE 14 : l'échantillon avant et après le séchage **…….,……..30**

FIGURE 15 : mesure du poids de la chaire sèche **……..……,……31**

FIGURE 16 : un Réfractomètre d'Abbe**…….,…….. 34**

FIGURE 17 : système de titrage utilisé **……36**

FIGURE 18 : les huiles récupérées après l'extraction**……. 40**

FIGURE 19 : Spectre IR de l'huile de Thon **……43**

LISTES DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : Classification taxonomique des Scombridé d'après (Collette et nauen 1983) ……..……**8**

TABLEAU 2 : valeurs nutritionnelles pour 100g de thon (Aberoumand et Fazeli, 2019 ; Sardenne et al., 2020) ……**12**

TABLEAU 3 : Les acides gras du thon (%) (Leiwakabessy et al, 2019) ……...……**14**

TABLEAU 4 : Rendements de l'extraction des huiles ……,,,……**38**

TABLEAU 5 : Résultats des Analyses Physico-chimique des huiles ……**4**

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction

Les ressources halieutiques en Algérie représentent un potentiel économique considérable, caractérisé par une façade maritime de plus de 1280 Km de côtes et une surface maritime sous juridiction nationale offrant près de 9 ,5 millions d'hectares pour l'exercice de la pêche (MRPH ,2001).

Les poissons bleus, parfois désignés sous le nom de poissons gras, sont une catégorie de poissons marins qui se distinguent par leur haute teneur en matières grasses, généralement représentant 5 jusqu'à 20 % de leur poids total. (Najeh et al., 2016).

Cette graisse est principalement stockée dans leurs muscles et leur foie. Nous avons choisi le poisson le plus accessible par la population de l'ouest algérien qui est le maquereau qui est un poisson gras présentant une excellente source d'acides gras oméga-3.

Cependant, l'obtention d'une huile de qualité ne dépend pas uniquement de la matière première : le choix de la méthode d'extraction conditionne fortement le rendement, la pureté et la stabilité du produit final. Parmi les techniques disponibles, la méthode de Soxhlet demeure une référence pour l'extraction analytique des lipides à partir de matrices solides, en raison de sa simplicité et de sa reproductibilité (Płotka-Wasylka et al., 2016).

Nous avons procédé à ce travail dans ce cadre précis, qui s'appuie sur une approche expérimentale fusionnant extraction et analyses physico-chimiques. Notre étude est structurée autour de trois axes :

- Les propriétés biologiques et nutritionnelles du thon, un poisson riche en graisses appartenant à la famille des Scombridés ;
- L'extraction dès l'huile de thon utilisant la méthode de Soxhlet ;
- Les analyses physico-chimiques de la qualité des huiles récupères permettons dévaluer les résultats obtenus

CHAPITRE I : RAPPELS BIBLIOGRAPHIQUES

I. Généralités sur les scombridés

La famille des Scombridé, les maquereaux, les thons et les bonites, comprend certains des poissons de consommation et de sport les plus populaires. La famille possède également les poissons qui nagent le plus rapidement au monde, et les thons rouges sont probablement les plus gros de tous les poissons osseux. Scombridés' la taille, la vitesse et la popularité sont liées à leur haut degré d'adaptation à un pélagique, existence nomade. Leurs corps sont formés pour maximiser l'efficacité de la nage, et les thons même disposer d'un système d'échange de chaleur vasculaire qui permet une nage prolongée dans des conditions plus froides eau (voir Description physique). Les maquereaux plus petits vivent souvent plus près du rivage, mais d'autres maquereaux, thons et bonites errent dans des eaux plus profondes, souvent selon de vastes schémas migratoires (voir Habitat).En raison de leur grande aire de répartition et de leur utilisation intensive comme poissons de consommation, les scombridés portent de nombreux noms communs et sont familiers depuis longtemps aux humains. Les bonites, par exemple, apparaissent dans les journaux du capitaine Cook. L'influence humaine a cependant rendu au moins cinq espèces en voie de disparition ou vulnérables à l'extinction. La famille Scombridé comprend de deux tribus, subdivisées en 15 genres et 49 espèces**. Collette et nauen 1983**

Les thons, les maquereaux et les bonites peuvent être trouvés dans le monde entier dans les mers tropicales et subtropicales, avec de nombreuses espèces voyageant périodiquement dans les eaux tempérées fraîches **Froese et pauly , 2025**

Les scombridés sont, pour la plupart, des poissons pélagiques (de haute mer) vivant dans les régions tropicales et mers subtropicales. Certaines espèces font des incursions saisonnières dans les eaux tempérées fraîches ou froides. Certains, en particulier les plus petits maquereaux, restent près des côtes, tandis que beaucoup d'autres errer dans des eaux plus profondes. Il s'agit d'une famille marine, bien que certains groupes soient présents dans les eaux saumâtres eau et une espèce normalement marine *Scomberomorus sinensis* a été trouvé dans l'eau douce à 300 km en amont du Mékong. De nombreux groupes au sein des Scombridé ont tendance à rester près de la surface et au-dessus du plateau continental. **Collette,2001**

I.1 Taxonomie des scombridés

Corps allongé et fusiforme, modérément comprimé chez quelques genres. Museau pointu, paupière adipeuse parfois présente (Scomber); bouche assez grande; dents des mâchoires fortes, modérées ou faibles; pas de vraies canines; voûte buccale et langue pouvant être munies de dents. Deux nageoires dorsales, I'antérieure généralement courte et séparée de la postérieure; pinnules présentes en arrière de la seconde dorsale et de I 'anale, pectorales insérées haut; pelviennes petites ou modérées avec un processus interpelvien entre leurs bases; caudale profondément fourchue. Au moins deux petites carènes de chaque côté du pédoncule caudal, une autre plus grande entre elles chez de nombreuses espèces. Ligne latérale simple. Vertèbres 31 à 66. Corps soit couvert uniformément d'écailles de taille petite à modérée (par ex. Scomber, Scomberomorus), soit muni d'un corselet (région en arrière de la tête et autour des nageoires pectorales) couvert d'écailles plus épaisses et de taille moyenne, le reste du corps étant nu (*Auxis, Euthynnus, Katsuwonus*) ou couvert de petites écailles (*Thunnus*). Coloration: elle diffère d'une espèce à I'autre par des rayures et taches variées sur le dos généralement sombre à reflets bleus ou verdâtres, ou les flancs généralement argentés ou blanchâtres.

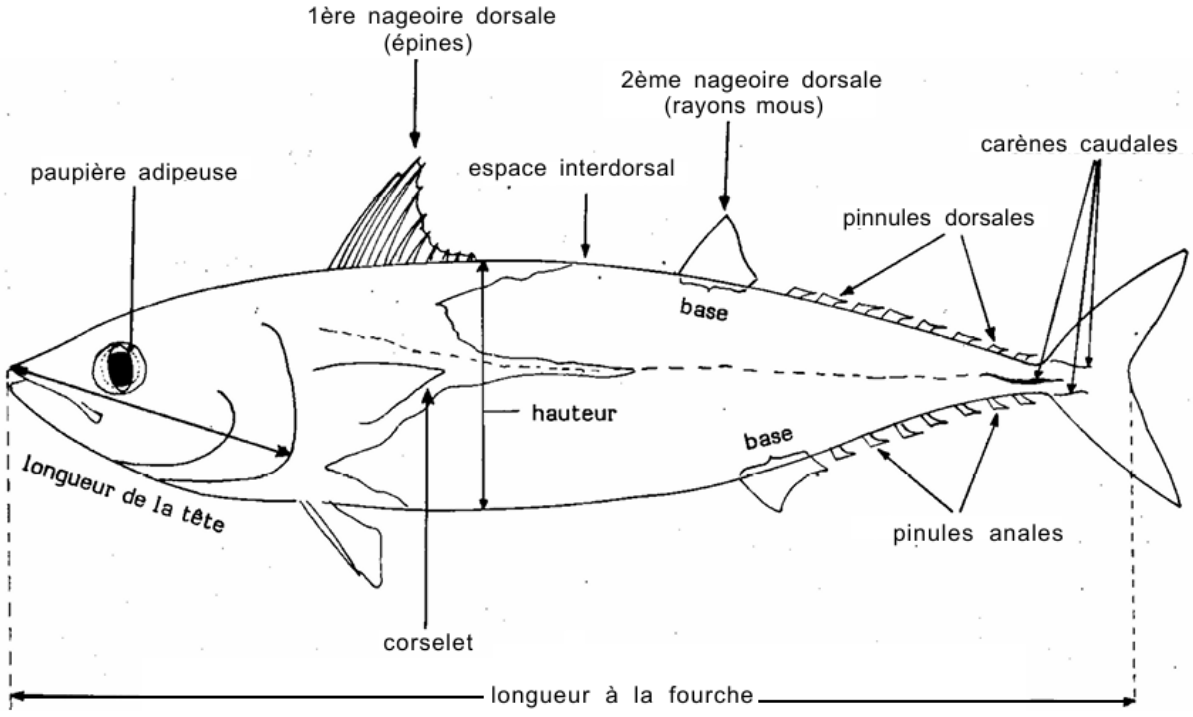

FIGURE 1 : Schéma morphologique d'un scombridé

Famille	Sous Famille	Tribu	Genre	Espèce
SCOMBRIDAE	SCOMBRINAE	Thunnini	*Thunnus*	*T. thynnus, T. maccoyii, T. albacares, T. tonggol, T. alalunga, T. obesus, T. atlanticus.*
			Katsuwonus	*K. pelamis.*
			Euthynnus	*E. alletteratus, E. affinis, E. lineatus.*
			Auxis	*A. thazard, A. rochei*
		Sardini	*Allothunnus*	*A. Fallai.*
			Gymnosarda	*G. unicolor.*
			Sarda	*S. Sarda, S. orientalis, S. australis, S. chiliensis.*
			Cybiosarda	*C. elegans.*
			Orcynopsis	*O. unicolor.*
		Scomberomorini	*Acanhocybium*	*A. Solandri.*
			Scomberomorus	*S. sinensis, S. cavalla, S. commerson, S. concolor, S. multiradiatus, S. niphonius, S. munroi, S. tritor, S. koreanus, S. guttatus, S. regalis, S. lineolatus, S. plurilineatus, S. queenslandicus, S. brasiliensis, S. semifasciatus, S. maculatus, S. sierra.*
		Scombrini	*Grammatorcynus*	*G. bicarinatus, G. bilineatus.*
			Rastrelliger	*R. faughni, R. brachysoma, R. kanagurta.*
			Scomber	*S. scombrus, S. japonicus, S. australasicus.*
	GASTEROCHISMATINAE		*Gasterochisma*	*G. melampus.*

Tableau 1 : Classification taxonomique des Scombridé d'après (Collette et nauen 1983)

I.2 Généralité de l'espèce étudiée

Le thon est l'une des espèces marines les plus importantes économiquement. En Méditerranée, la pêche au thon rouge est sous haute surveillance et dont les quotas autorisés dans la pêche au thon ont été augmentés à 2000 t pour le Méditerranéen 2017. (FAO, 2018).

Présentation de l'espèce étudiée : Espèce *Thunnus maccoyii* (Thon rouge)

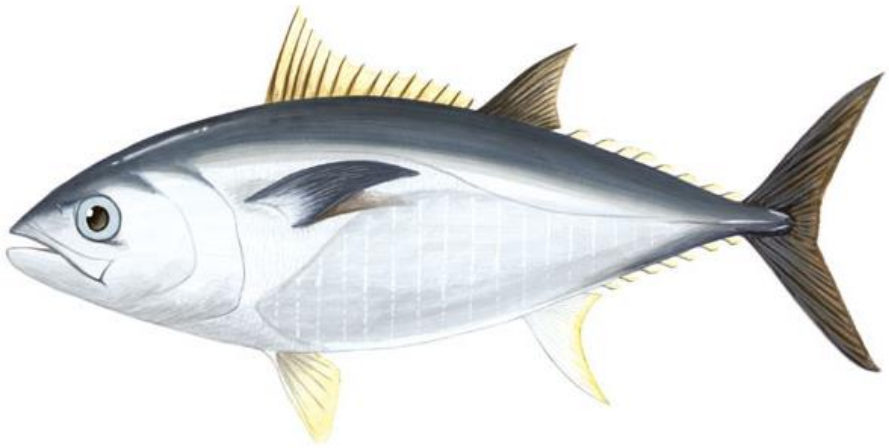

FIGURE 2 : photo de l'espèce étudié

I.3 Description de l'espèce étudiée

a -Noms FAO:

Fr.: Thon rouge; An.: Northern bluefin tuna; Es.: Atin,

b -Nom local:

Thon, Thon rouge.

c -Diagnose:

La plus grande espèce de Scombridés. Corps allongé et fusiforme qui présente deux nageoires dorsales séparées par un intervalle étroit. La seconde nageoire dorsale est plus haute que la première, 8 à 10 pinnules sont présentes derrière la seconde dorsale et 7 à 9 derrière l'anale. Les pectorales sont très courtes et n'atteignent jamais l'intervalle séparant les dorsales. Des appendices bifides sont présents entre les nageoires pelviennes. Le museau est pointu. La bouche est

grande et oblique. Les deux mâchoires sont presque égales et sont garnies par une seule rangée de petites dents coniques.

d -Coloration :

Le dos est bleu plus ou moins foncé, les flancs et le ventre sont d'un blanc argenté. La première nageoire dorsale jaune ou bleuâtre, la seconde brun rougeâtre, l'anale et les pinnules jaunâtres bordées de noir. La carène latérale est noire chez les adultes.

Figure 3 : Thon rouge Thunnus thynnus.

L = 2,2 m

P = 274 Kg.

e -Taille :

Sa taille maximale peut dépasser 4 m de longueur à la fourche. Son poids maximal officiel est de 726 kg, mais plusieurs pêcheries opérant dans l'Atlantique Ouest et en Méditerranée ont signalé des poids allant jusqu'à 900 kg (Mather et al. 1995). Commune de 50 à 150 cm de longueur à la fourche.

f -Habitat et biologie :

Les zones **épipélagique** (0-200 m) et **mésopélagique** (200-1000 m) sont les couches supérieures de l'océan. Dont l'aire de répartition recouvre l'ensemble de l'Atlantique Nord et de ses mers adjacentes. Très bon nageur pouvant effectuer des migrations transocéaniques. Les jeunes, grégaires, se mêlent en banc à d'autres Scombridés de même taille. Les immatures se tiennent en eaux chaudes, les adultes pénètrent en eaux froides pour se nourrir. Les juvéniles se nourrissent de crustacés, poissons et céphalopodes alors que les adultes préfèrent des proies composées essentiellement de poissons pélagiques. Cette espèce se reproduit de mai à juillet dans des eaux de 22 à 24°C autour des iles Baléares et entre la Sardaigne, l'Italie et la Sicile. La maturité sexuelle est atteinte à 3 ans (environ 90 cm).

Le thon rouge de l'Atlantique est présent de part et d'autre de l'océan Atlantique, depuis les îles Lofoten, au large de la Norvège septentrionale, jusqu'aux îles Canaries et dans les mers Méditerranée et Noire dans l'Est, et depuis Terre-Neuve jusqu'à la mer des Antilles et aux eaux côtières du Venezuela et du Brésil dans l'ouest de l'Atlantique. (Maguire et al, 2006). C'est une espèce surtout pélagique ayant une large répartition géographique et l'un des seuls gros poissons pélagiques qui vit en permanence dans les eaux subtropicales et tempérées de l'océan Atlantique. Les résultats du marquage électronique montrent que le thon rouge de l'Atlantique peut nager dans des eaux à la température très variable tout en maintenant une température corporelle interne stable. (Block et al, 2001).

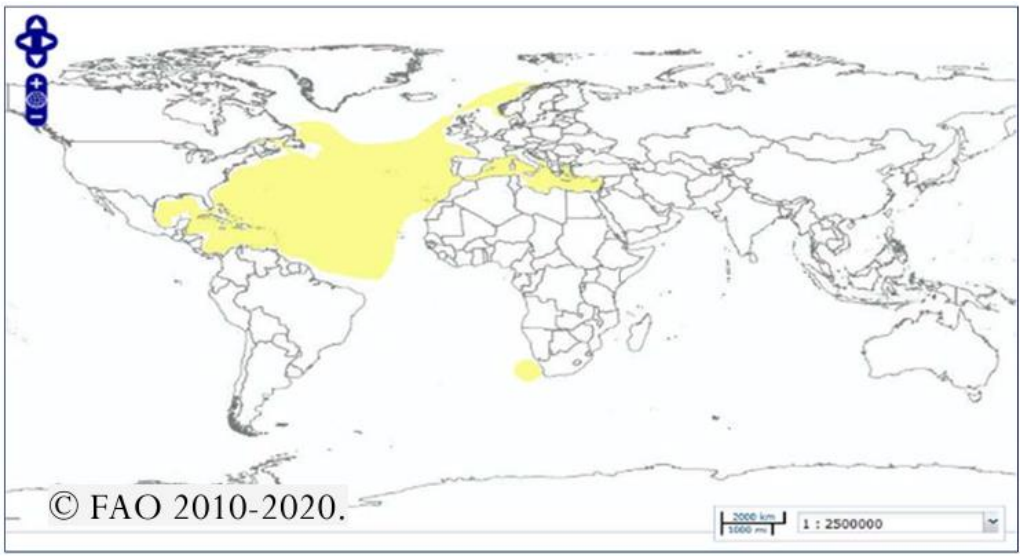

Figure 4 : répartition géographique Thunnus thynnus.

g -Régime alimentaire :

Comme le font un grand nombre de poissons marins, les larves de thon rouge se nourrissent principalement de petit zooplancton, surtout des copépodes et des nauplii de copépodes (Block et al,

2001). Ce poisson est un prédateur par excellence, les juvéniles s'alimentent surtout de crustacés, de poissons et de céphalopodes, tandis que les adultes se nourrissent principalement de poisson (maquereaux, sardines, chinchards, ...) (Eggleston et Bochenek 1990).

h - Valeurs nutritionnelles

Le thon représente une excellente source de protéines (Tableau 01) : les neufs acides aminés essentiels nécessaires à notre organisme. Ces protéines jouent un rôle clé dans la formation des enzymes digestives, des hormones et des tissus, comme la peau et les os. Il regorge d'éléments nutritifs, dont le phosphore, le sélénium, les vitamines A et D, ainsi que celles du groupe B, et contient peut de cholestérol. Le poisson se démarque du thon blanc par sa teneur élevée en acide gras oméga 3 dont l'acide eicosapentaénoïque (EPA) et l'acide docosahexaénoïque (DHA), deux acides gras de la famille des omégas 3 dotés d'effets protecteurs sur le système cardiovasculaire. Dans le cadre d'une alimentation variée et équilibrée, la consommation régulière de thon réduirait le risque de mortalité par les maladies cardiovasculaire. Ces omégas 3 seraient aussi dotés d'effets anti-inflammatoires, utiles dans le traitement de pathologies comme l'asthme, l'arthrite rhumatoïde, le psoriasis2 et les maladies inflammatoire de l'intestin. Ils contribuent aussi à la prévention des troubles de l'humeur comme la dépression. L'acide docosahexaénoïque (DHA) participe au développement et au fonctionnement du cerveau, et a l'entretien des fonctions cognitives et de la vision. Le thon présente enfin une concentration élevée en sélénium, oligo-éléments dont les propriétés anti oxydantes ont largement été démontrées. Il contribuerait ainsi à prévenir le vieillissement prématuré des cellules causé par les radicaux libres.

Tableau 02 : valeurs nutritionnelles pour 100g de thon (Aberoumand et Fazeli, 2019 ; Sardenne et al., 2020)

Carbohydrates	1g
Protéines	30g
Lipides	10.5 g
Eau	60.85 g

I.4 Composition biochimique de l'espèce étudiée

a -Acide gras oméga 3

Le thon contient 10 à 30 % de lipides, et cette valeur diffère selon les parties, car, par exemple la partie abdominale contient plus de gras par rapport aux autres parties. Les lipides du thon sont essentiellement constitués d'acides gras de la série oméga 3(tableau 03).

La consommation de ces acides gras particuliers est conseillée en prévention des maladies cardio-vasculaires car ils empêchent la formation de caillots dans le sang. Ils ont également un rôle structurel au niveau du cerveau et du système nerveux.

Le thon contient de plus de cinq fois plus d'ADH que d'AEP. L'acide gras ADH contribue

Principalement au développement et au fonctionnement du cerveau, ainsi qu'à l'intégrité des fonctions cognitives et de la vue. Le thon séché en bloc contenait 26 types d'acides gras comprenant 11 acides gras saturés, 6 acides gras monoinsaturés et 9 acides gras polyinsaturés

(Tableau 03). La chair de poisson contient environ 17 à 21 % d'acides gras saturés et 79 à 83 % d'acides gras insaturés. La graisse du poisson contient des AGPI tels que l'EPA, le DHA et l'acide arachidonique qui ne peuvent être synthétisés dans le corps mais à travers les aliments consommés *(Leiwakabessy et al, 2019).*

Tableau 03 : Les acides gras du thon (%) (Leiwakabessy et al, 2019)

Total Saturated Fatty Acids	19.94
Lauric acid, C12:0	-
Tridecanoic acids, C13:0	0.06
Myristic acid, C14:0	0.50
Pentadecanoic acid, C15:0	0.20
Palmitic acid, C16:0	10.99
Heptadecanoic acid, C17:0	0.57
Stearic, C18:0	6.46
Arachidic acid, C20:0	0.29

Heneicosanoic acid, C21:0	0.07
Behenic acid, C22:0	0.36
Tricosanoic acid, C23:0	0.11
Lignoceric acid, C24:0	0.33
Total Monounsaturated Fatty Acid	9.35
Palmitoleic acid, C16:1	1.00
Cis-10-Heptadecanoic acid, C17:1	0.19
Elaidic acid, C18:1n9t	0.10
Oleic acid, C18:1 n9c	6.73
Cis-11-Eicosenoic acid, C20:1	0.58
Nervonic acid, C24:1	0.75
Total Polyunsaturated Fatty Acids	14.45
Linoleic acid, C18:2n6c	0.76
Linolenic acid, C18:3 n3	0.11
γLinolenic acid, C18:3 n6	-
Cis-11,14-Eicosedienoic acid, C20:2	0.13
Cis-8,11,14-Eicosentrienoic acid, C20:3n6	0.08
Arachidonic acid, C20:4n6	1.60
EPA, C20:5n3	1.21

I-5 Procède d'extraction des huiles

L'extraction de l'huile de poisson est un processus industriel qui permet d'obtenir une huile riche en acides gras oméga-3 à partir de tissus de poissons gras. Cette huile est ensuite utilisée dans divers domaines, notamment l'alimentation humaine, l'aquaculture et l'industrie pharmaceutique

a- Historique de la découverte

L'extraction des huiles de poisson est une pratique ancienne qui remonte à des milliers d'années, notamment dans les régions côtières où la pêche était une activité essentielle pour la subsistance des communautés (*Mohsen Montazer et al.,2022).*

L'approvisionnement en matières premières de qualité est une étape essentielle de la production d'huile de poisson, une étape qui doit assurer la traçabilité et la préservation des espèces. Dans le passé, les méthodes de fabrication de ces huiles étaient principalement adaptées à la nature de la matière première, c'est-à-dire des poissons entiers ou des parties comme la tête, le foie ou les sous-produits, et ne considéraient que peu la « qualité finale de l'huile ».

De nos jours, la technologie de pointe répond aux exigences, aux normes et aux attentes des consommateurs en produisant des huiles désodorisées, décontaminées ou concentrées en acides gras polyinsaturés.

➢ **Au Moyen Âge**, l'huile de poisson était principalement utilisée pour l'éclairage et le graissage. C'est à partir du 17ème siècle que son utilisation à des fins médicinales s'est développée, notamment pour le traitement du rachitisme et de la tuberculose.

➢ **Au 19ème siècle**, l'industrie de la pêche à la baleine a connu un essor considérable, ce qui a conduit à une augmentation de la production d'huile de poisson. Cette huile était principalement utilisée comme lubrifiant et comme combustible.

➢ **Au 20ème siècle**, les progrès de la science ont permis de mieux comprendre les bienfaits des huiles de poisson pour la santé. On a découvert qu'elles étaient riches en acides gras oméga-3, qui ont de nombreux effets bénéfiques sur l'organisme, notamment sur la santé

cardiovasculaire, cérébrale et visuelle.

➢ **Aujourd'hui,** les huiles de poisson sont principalement utilisées comme compléments alimentaires. Elles sont également utilisées dans l'industrie agroalimentaire et dans l'industrie pharmaceutique.

I-6 Les huiles de poissons

Les huiles de poisson sont des huiles naturellement riches en acides gras oméga-3 sous forme de triglycérides et notamment en acides gras polyinsaturés à longues chaînes (AGPI-LC) comme l'acide eicosapentaénoïque (EPA) et l'acide docosahexaénoïque (DHA). De nombreuses études montrent que ces AGPI-LC participent à la prévention de certaines pathologies comme l'excès de cholestérol ou le cancer, et jouent un rôle important dans la régulation du métabolisme (Riediger et al., 2009). Les teneurs naturelles des huiles de poisson sont de l'ordre de 5 % d'acide éicosapentaénoïque (EPA : DocosaHexaenoic Acid) et 25 % d'acide docosahexaénoïque (DHA : EicosaPentaenoic Acid) pour les huiles de Maquereau. Ainsi, L'huile de thon, qui est particulièrement riche en oméga-3 DHA, est très utilisée dans les compléments alimentaires visant à améliorer la santé mentale ou la vision (*Lozachmeuret, 2008*).

FIGURE 5 : Huiles de poisson sous formes gélules (*Lozachmeure*t, 200**8).**

I-7 Méthodes d'extraction des huiles de poisson

L'extraction de la matière graisse est l'étape préliminaire obligatoire pour analyser les huiles à partir d'une matrice alimentaire complexe. Le choix des conditions opératoires de la méthode d'extraction est essentiel pour garantir la fiabilité des résultats en fonction de l'objectif recherché et des produits concernés. *(Clément, 1956 ; Gbogouri, 2005).*

Les techniques d'extraction de l'huile de poisson ont évolué et été variées au fil du temps. Les entreprises spécialisées dans la fabrication d'huile de poisson fabriquent également des farines de poissons.

A- Les méthodes traditionnelles :

Au départ, les habitants des régions côtières employaient des techniques simples pour extraire l'huile de poisson. Par exemple, ils avaient la possibilité de faire bouillir les poissons dans de l'eau et de récupérer l'huile se trouvant à la surface. Ils avaient aussi la possibilité de presser les poissons afin de prélever manuellement l'huile *(Mortensen & al., 1988).*

B- Les méthodes d'extraction avancées

B-1 Extraction chimique : L'extraction chimique est une technique de séparation, elle utilise un moyen d'extraction pour séparer sélectivement un ou plusieurs composés d'un mélange sur la base de ces propriétés chimiques et/ou physiques. Le moyen d'extraction doit être non ou peu miscible avec les composants principaux du mélange alors que le composé à extraire doit posséder plus d'affinité avec le moyen d'extraction qu'avec les composants principaux du mélange. Suivant la manière et le moyen utilisé, on a plusieurs techniques ; et les produits utilisés : le tétrachlorure de carbone, le benzène, le cyclohexane ou le chloroforme les éthers, les cétones, les alcools, méthanol.

Les méthodes de référence telles que la méthode de Folch et al. (1957) modifiée par Bligh et Dyer (1959) sont couramment et largement utilisées. Les deux techniques se reposes sur le principe d'extraction à froid des lipides par un mélange de solvants méthanol / chloroforme (1/2, v/v).

La méthode normalisée de Soxhlet (AOAC, 1990) est une méthode de référence utilisée pour la détermination de la matière grasse qui utilise une extraction à reflux dans un montage généralement en verre, où l'échantillon préalablement broyé est placé dans une cartouche de cellulose, elle-même placée dans un tube rempli de solvant.

B-2 Extraction enzymatique :

L'hydrolyse enzymatique (Figure.6) présente l'avantage d'être plus facilement contrôlable quelle hydrolyse chimique. Elle permet également de préserver la valeur nutritionnelle de la matière première. Il s'agit d'autolysat lorsque l'enzyme utilisée est initialement présente dans les produits (enzyme endogène) comme pour la production de sauces de poissons ; et d'hétérolysat lorsqu'elle n'est pas présente dans les produits (enzyme exogène). (*Ifremer,2012*) Les qualités initialement présentes dans les huiles de poisson, il est désormais possible d'enrichir ces huiles en ω3 (Linder et al.2002) en utilisant notamment des enzymes spécifiques (lipases, ligases) permettant de greffer des acides gras sur la partie glycérol des lipides. (*Dumay, 2006*). Les lipases, enzymes hydrolysant les lipides, les applications sont diverses : agro-alimentaire (produits laitiers, traitement des huiles végétales et animales, ovo produits, boulangerie…), biodiesel (réactions de transestérification), cosmétiques (biocatalyse, arômes), déchets (dépollution en synergie avec d'autres enzymes),

détergents (lipases alcalines, élimination de résidus gras), oléo-chimie (lipases immobilisées), papier (amélioration du rendement entrainant une meilleure qualité dans la production de pâte à papier), polymères (biocatalyse de réactions de polymérisation), santé et pharmacie (médicaments, biocatalyse, sélection chirale). *(Lethuillier, 2015*).

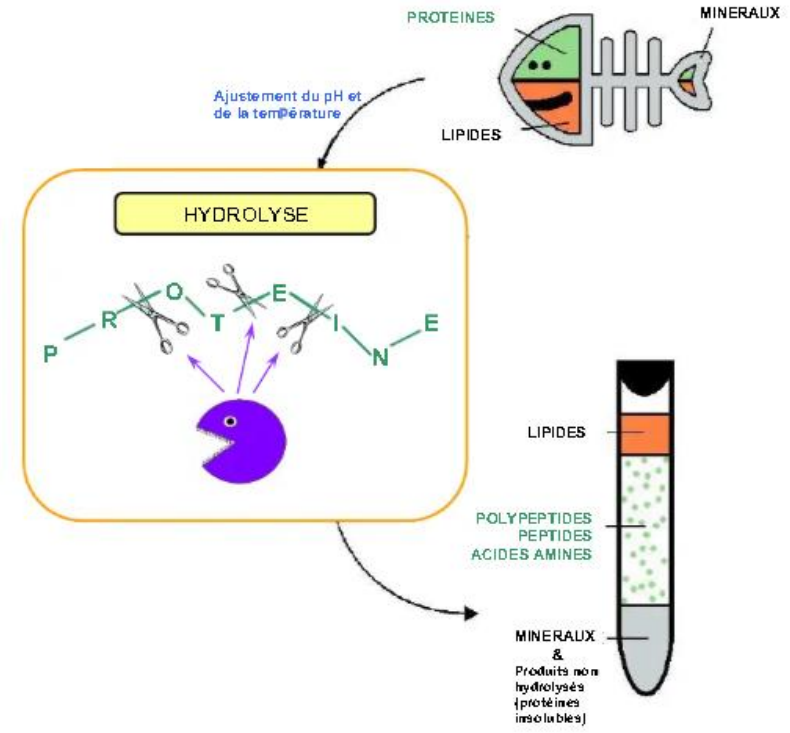

Figure 06 : Schéma de Principe de fabrication des hydrolysats protéiques. (Ifremer, 2012)

C- Origine et principe La méthode d'extraction de Soxhlet :

L'extracteur Soxhlet était inventé en 1879 par Franz von Soxhlet, un chimiste agricole allemand qui l'a conçu à l'origine pour extraire la graisse du lait. Près de 150 ans plus tard, la méthode reste la technique de référence la plus largement reconnue pour l'analyse des matières grasses brutes. Il est officiellement adopté par des organisations telles que la **AOAC** (Association des chimistes analytiques officiels) et l'EPA américaine.

Le principe sous-jacent est simple : un échantillon d'aliment séché et moulu est lavé à plusieurs reprises avec un solvant organique chauffé. Le solvant dissout toutes les matières liposolubles. Une fois l'extraction terminée, le solvant est évaporé et le résidu restant – la graisse brute – est pesé.

Ce qui rend la méthode Soxhlet efficace, c'est son mécanisme de recyclage des solvants. Au lieu de nécessiter de grands volumes de solvant frais, l'appareil évapore, condense et fait recirculer en

continu le même lot de solvant à travers l'échantillon. Cela garantit une extraction complète tout en maintenant la consommation de solvant relativement faible.

I-8 Composants de l'appareil Soxhlet

L'extracteur Soxhlet est un ensemble de verrerie interconnecté avec trois sections fonctionnelles principales :

a-1a Flacon à fond rond (flacon de distillation) :

Celui-ci se trouve au fond, placé sur un manteau chauffant ou un bain-marie. Il retient le solvant organique (et accumule progressivement la graisse extraite au fur et à mesure des cycles).

b-Chambre d'extraction :

Positionné au-dessus du flacon, c'est le cœur du système. L'échantillon alimentaire, placé à l'intérieur d'un poreux dé à coudre en cellulose, se trouve dans cette chambre. Le dé à coudre permet au solvant de passer librement tout en retenant les particules solides. La chambre contient également un tube siphon – la caractéristique de conception la plus critique – qui évacue automatiquement le solvant dans le ballon une fois que la chambre se remplit jusqu'à un certain niveau.

c-Condenseur :

Monté en haut, typiquement de type Liebig ou Allihn, il est refroidi par circulation d'eau. Il condense la vapeur de solvant montante sous forme liquide, qui s'égoutte ensuite dans la chambre d'extraction sur l'échantillon.

I-9 Procédure étape par étape d'extraction de Soxhlet

Voici la procédure générale utilisée pour déterminer la graisse brute dans les échantillons alimentaires via la méthode Soxhlet. Le protocole s'aligne sur Méthodes standard de l'AOAC tels que la méthode 920.39 (utilisant de l'éther d'éthylique) et la méthode 945.16 (utilisant de l'éther de pétrole).

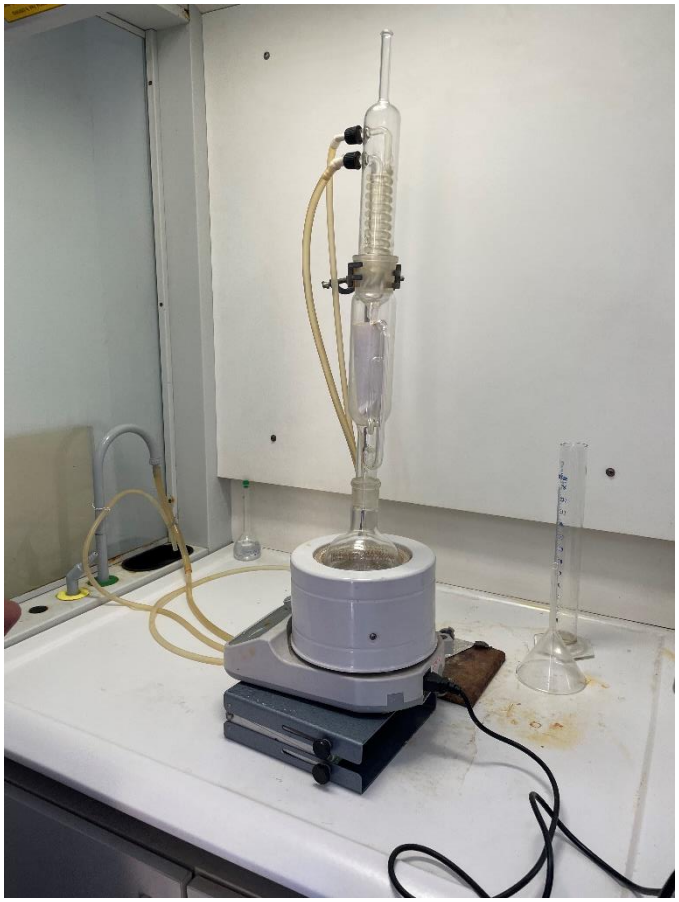

Figure 7 l'appairage soxhlet prêt pour l'extraction

a- Préparation des échantillons

L'échantillon alimentaire doit être correctement préparé avant l'extraction. Il est d'abord séché – soit dans un four à 100-102°C pendant plusieurs heures, soit par lyophilisation – pour éliminer toute humidité. Cette étape est essentielle car l'eau résiduelle peut interférer avec la capacité du solvant organique à pénétrer l'échantillon et à dissoudre efficacement les graisses. L'échantillon séché est ensuite broyé en une poudre fine et uniforme pour augmenter la surface exposée au solvant.

b- Pesage et chargement

Un poids connu de l'échantillon préparé (généralement 2 à 5 grammes) est pesé avec précision et placé dans un dé à coudre en cellulose propre et sec. Simultanément, un ballon à fond rond propre et sec est pesé et enregistré – ce poids de ballon est nécessaire ultérieurement pour calculer la teneur en matières grasses. Environ 150 à 200 ml de solvant (éther diéthylique ou éther de pétrole avec un point d'ébullition de 40 à 60°C ou de 60 à 80°C) sont ajoutés au ballon.

c- Assemblage et extraction

Le dé à coudre est chargé dans la chambre d'extraction, le ballon est placé sur la source de chauffage et le condenseur est fixé sur le dessus. De l'eau froide est raccordée au condenseur. Le solvant dans le ballon est ensuite chauffé progressivement.

Lorsque le solvant bout, la vapeur monte à travers le bras latéral, contournant la chambre d'extraction, et atteint le condenseur. Là, il refroidit et se condense à nouveau en liquide, s'égouttant sur l'échantillon dans le dé à coudre. Le solvant remplit lentement la chambre d'extraction, dissolvant ainsi les composés liposolubles de l'échantillon. Lorsque le niveau de solvant dans la chambre atteint le sommet du tube siphon, tout le contenu de la chambre s'écoule automatiquement dans le ballon, transportant les graisses dissoutes.

Ce cycle d'évaporation, de condensation, d'extraction et de siphonnage se répète en continu pendant 4 à 6 heures ou plus longtemps (certains protocoles spécifient jusqu'à 16-18 heures), selon le type d'échantillon. À chaque cycle, un solvant frais entre en contact avec l'échantillon, garantissant une efficacité d'extraction maximale.

d- Élimination et séchage des solvants

Une fois l'extraction terminée, l'appareil est démonté. Le solvant dans le ballon – contenant maintenant la graisse dissoute– est évaporé, soit en plaçant le ballon sur un bain-marie, soit en utilisant un évaporateur rotatif. Le ballon contenant le résidu gras est ensuite séché dans un four à environ 100-110°C jusqu'à ce qu'il atteigne un poids constant. Il est refroidi dans un dessiccateur avant la pesée finale.

e- Calcul

La teneur en matières grasses brutes est calculée à l'aide d'une formule simple :

Matière grasse brute (%) = [(Poids du ballon avec matière grasse – Poids du ballon vide) / Poids de l'échantillon] × 100

Cela donne le pourcentage de matière extractible à l'éther dans l'échantillon alimentaire d'origine sur une base de poids sec ou telle quelle, selon que l'échantillon a été préséché ou non.

I-10 Facteurs affectant la précision de l'extraction de Soxhlet

Plusieurs variables peuvent influencer significativement la fiabilité des résultats obtenus grâce à la méthode Soxhlet :

a-Teneur en humidité :

Même de petites quantités d'eau résiduelle dans l'échantillon peuvent réduire l'efficacité de l'extraction, car les solvants organiques comme l'éther d'éthylique le sont immiscible avec de l'eau. Un séchage complet avant l'extraction est essentiel. Certains protocoles ajoutent également sulfate de sodium anhydre pour absorber les traces d'eau lors de l'extraction.

b-Taille des particules :

Les échantillons finement broyés exposent davantage de surface au solvant, ce qui permet une extraction meilleure et plus rapide. Les matériaux grossièrement broyés peuvent conduire à une extraction incomplète et à une sous-estimation de la teneur en matières grasses.

c-Temps d'extraction :

Un temps d'extraction insuffisant est l'une des sources d'erreur les plus courantes, conduisant à des valeurs de matières grasses inférieures à la réalité. En revanche, une extraction trop longue n'améliore généralement pas les résultats de manière significative mais gaspille du temps et de l'énergie.

d- du solvant :

L'éther d'éthylique est le solvant le plus couramment utilisé en raison de son efficacité à dissoudre les lipides non polaires et de son point d'ébullition relativement bas. Cependant, il extrait principalement des composants non polaires comme les triglycérides et les stérols. Il est moins efficace pour récupérer les lipides polaires tels que les glycolipides et les phospholipides. L'éther de pétrole et l'hexane sont également largement utilisés, chacun avec des profils d'extraction légèrement différents.

e- Type de matrice alimentaire :

Les aliments traités thermiquement ou riches en protéines peuvent contenir des lipides étroitement liés aux protéines ou aux glucides par des liaisons covalentes ou ioniques. L'extraction standard de Soxhlet peut sous-estimer la graisse dans de tels échantillons. Dans ces cas, une étape **d'hydrolyse acide** (en utilisant de l'acide chlorhydrique pour rompre ces liaisons) est réalisée avant l'extraction par solvant pour libérer les lipides liés.

I-11 Avantages et limites de la méthode Soxhlet

a- Avantages

a-1 Haute précision et reproductibilité :

Le cycle automatisé du solvant à travers l'échantillon garantit une extraction cohérente et approfondie, rendant la méthode hautement reproductible dans différents laboratoires. C'est pourquoi elle reste la méthode de référence officielle pour de nombreux organismes de régulation.

a-2 Utilisation efficace des solvants :

Étant donné que l'appareil recycle un seul lot de solvant au cours de plusieurs cycles d'extraction, il utilise moins de solvant total que ce que nécessiteraient les techniques d'extraction manuelle en un seul passage.

a-3 Supervision minimale :

Une fois mis en place et opérationnel, le processus d'extraction nécessite très peu de surveillance. Le mécanisme du siphon fonctionne automatiquement, ce qui le rend pratique pour les laboratoires très occupés.

a-4 Large applicabilité :

La méthode fonctionne sur une vaste gamme de matrices alimentaires – de la viande et des produits laitiers aux céréales, aux oléagineux, aux collations frites et aux aliments transformés.

b- Limite

Cela prend du temps : Une seule extraction peut prendre six heures ou plus pour l'étape d'extraction par solvant seule, le temps total d'analyse s'étendant souvent jusqu'à une journée de travail complète. Cela le rend inadapté aux tests de routine à haut débit.

Non spécifique à la vraie graisse : La méthode extrait toutes les matières solubles dans les solvants, pas seulement les graisses nutritionnelles. Les pigments, cires et autres composés non gras sont inclus dans la valeur brute des matières grasses, ce qui peut parfois surestimer la teneur réelle en matières grasses.

Ne convient pas aux composés sensibles à la chaleur : Une exposition prolongée à un solvant chauffé peut dégrader les composés thermolabiles, affectant potentiellement les résultats pour certains types d'échantillons.

Utilisation de solvants inflammables : L'éther d’éthylique et l'éther de pétrole sont hautement inflammables et volatils, nécessitant des précautions de sécurité strictes, notamment l'utilisation de hottes aspirantes et d'équipements de protection individuelle appropriés

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODE

II.- Échantillonnage et traitements au laboratoire

Dans le cadre de notre recherche, les poissons ont été collectés directement au port de (Tenes-Chlef) durant la période allant d'avril à mai 2026. Les échantillons ont été prélevés auprès des pêcheurs locaux immédiatement après leur retour de la mer, afin de garantir leur fraîcheur et leur qualité. Ensuite, ils ont été transportés dans une glacière vers le laboratoire, puis conservés à basse température dans un congélateur jusqu'à leur analyse. Le traitement des échantillons a été réalisé au laboratoire du département des sciences de la mer et des ressources halieutiques de l'université de Mostaganem, en suivant plusieurs étapes expérimentales en adéquation avec les objectifs de l'étude.

II.-1 Mensurations et pesées

Détermination de la taille et du poids totale

Figure 8: Thon rouge *Thunnus thynnus*. Observée au port de Tenes Chlef.

La taille et le poids du poisson thon rouge a été déterminée sur place chez pêcheurs locaux du port de Tenes

L = 2,2 m et P = 274 Kg.

Avec

L = langueur de poisson

P= poids de poisson

II-2 La dissection

a- Matériel utilisé pour la dissection

Une dissection du poisson a été réalisée a l'aide d'une trousse a dissection. Cette trousse contient :

- **deux pinces fines**
- **Les ciseaux fins**
- **des lames**
- **bistouris**
- **mortier**

Figure 9 : Matériel utilisé pour enlever la chair et la peau de poisson

b- Appareillages

• L’étuve

• Balance

• Appareil d'extraction Soxhlet

• Evaporateur rotatif rota vapeur

Figure 10 : rota vapeur

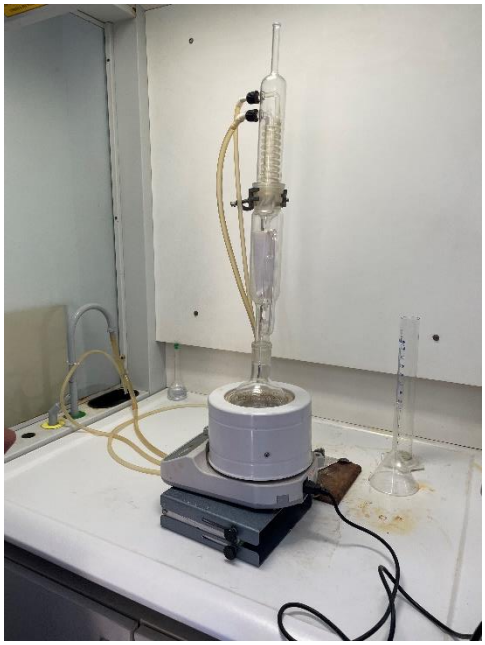

figure 11 : Soxhlet

II-3 Préparation l'échantillon

Une fois la dissection est réalisée, On a séparé la peau et la chaire afin de réaliser deux types d’extraction utilisant la balance :

• la masse à partir de la chair du poisson (257,68g)

•la masse à partir de la peau du poisson (39,81g)

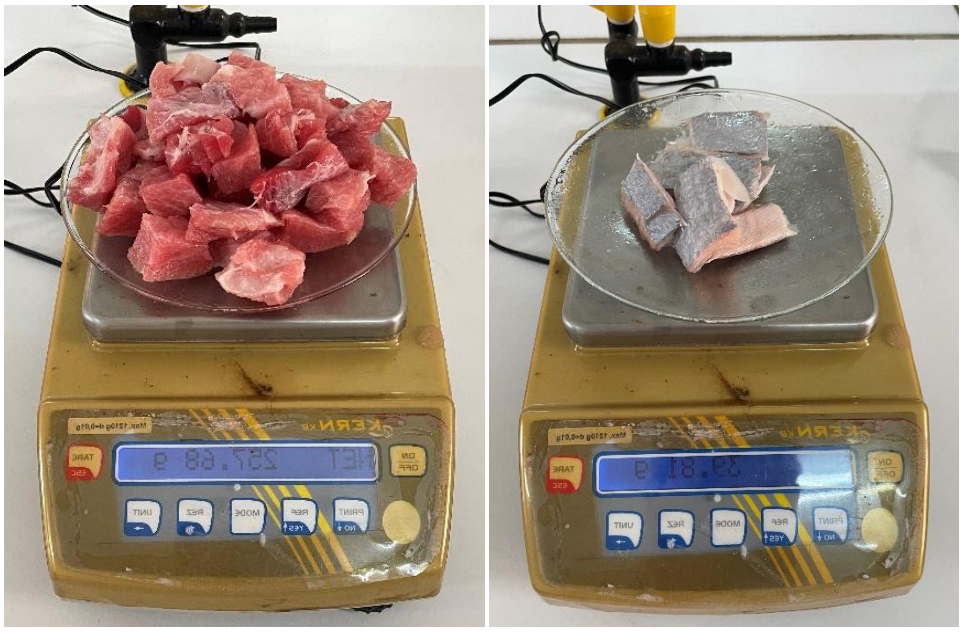

Figure 12 : mensuration du l'échantillon

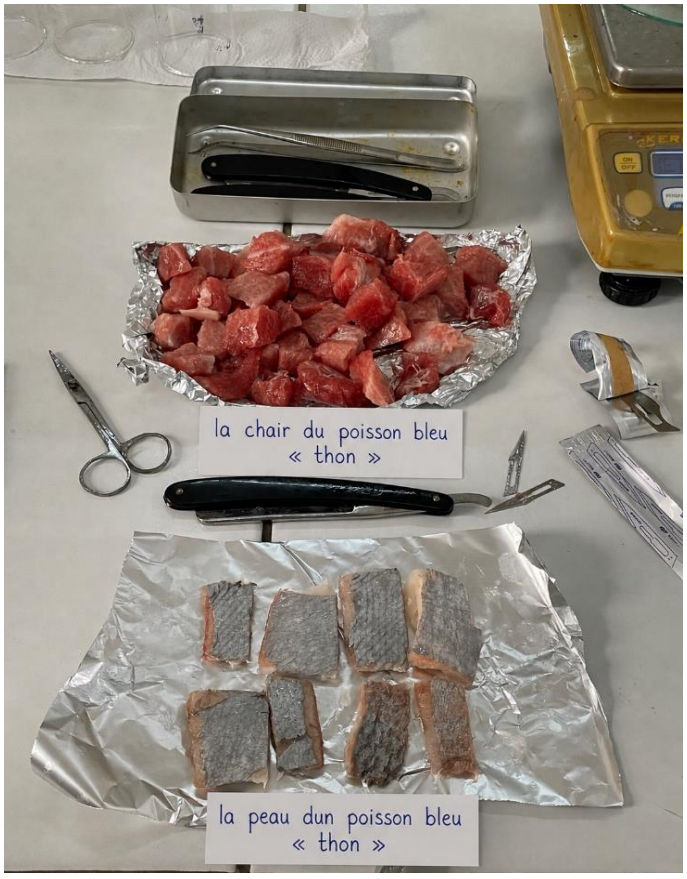

Figure 13 :la chaire et la peux après la dissection

Cette extraction est réalisée en utilisant deux solvant :

• cyclohexane

• chloroforme

II -4 Protocole d'Extraction par la Méthode de Soxhlet

a- Séchages

Le séchage de l'échantillon de la cher et la peau du thon qui est déjà découpés en petit morceaux afin de faciliter l'élimination de l'eau et d'assurer un séchage homogène en le menton dans plat et les mettre dans l'étuve regelé a 90 °C pendent 48 h.

Figure 14 : l'échantillon avant et après le séchage

b- Préparation pour l'extraction

Une fois l'échantillon de poisson préparé (homogénéisé et séché), préparez la cartouche extractrice. Ajoutez environ 25 g de l'échantillon dans la cartouche. Il est à noter que la préparation de l'échantillon, notamment son broyage, est cruciale pour maximiser la surface de contact avec le solvant (*Ünlüsayın, 2007*).

Figure 15 : mesure du poids de la chaire sèche

Mesurez 250 ml de solvant (cyclohexane). Versez-le dans le ballon prévu à cet effet pour l'appareil extracteur Soxhlet. L'utilisation de cyclohexane est courante dans les procédures conventionnelles pour l'extraction totale des lipides (*Srigley & Mossoba, 2016*).

c- Installation de l'extracteur Soxhlet

Connectez l'extracteur au ballon contenant l'hexane. Initiez la procédure en chauffant le ballon pour évaporer le solvant. Le solvant se condensera dans le réfrigérant puis refluera dans la cartouche, permettant une percolation semi-continue qui garantit l'extraction des lipides présents *(Srigley & Mossoba, 2016*). Cette méthode par reflux thermique est largement appliquée pour récupérer l'huile de diverses espèces de poissons (*Guilminot et al., 2011*).

d- Extraction et récupération de l'huile

Arrêtez le processus après plusieurs cycles (le temps d'extraction peut varier de quelques heures à 12 heures selon l'espèce) (*Srigley & Mossoba, 2016*). Rassemblez l'extrait et séparez le solvant de l'huile dissoute, généralement à l'aide d'un évaporateur rotatif pour isoler les lipides totaux (*Ünlüsayın, 2007*).

La teneur en matière grasse totale de l'échantillon est calculée ainsi :

Matière grasse % =$\mathbf{100}\times (\boldsymbol{M2} - \boldsymbol{M0})/\boldsymbol{M1}$

M0 : Masse en gramme du ballon vide,

M1 : Masse en gramme de la prise d'essai,

M2 : Masse en gramme de ballon après extraction et séchage.

II -5 Contrôle de qualité des huiles extraire

II -5-1 Analyses physico-chimiques de l'huile :

Ce Protocol doit être suivie avec précision pour garantir des résultats fiables et de supérieur qualité au Centre de Recherche Scientifique et Technique en Analyses Physico – Chimique CRAPC et au site du laboratoire de recherche universitaire de la chimie

A- Densité

La densité d'une huile ou d'une matière grasse est le quotient de la masse dans l'atmosphère d'un certain volume de cette huile par la masse du même volume d'eau à 20°C.

A-1 Mode opératoire

-Mettre 200 ml d'huile à analyser dans une éprouvette de 250 ml

-Tremper le densimètre avec un thermomètre dans l'éprouvette et attendre qu'il se stabilise

-Lire la densité directement sur le densimètre et la température sur le thermomètre.

Les résultats sont exprimés selon la formule suivante :

$$\mathbf{DT' = DT + 0{,}00069\ (T\text{-}T')}$$

DT : Densité lue directement sur le densimètre à une température T ;

DT´ : Densité lue sur le densimètre à une température 20°C ;

T : Température lue sur le thermomètre ;

T' : 20 °C ; 0,00069 : Coefficient de correction.

B- L'indice de réfraction

B-1 Définition

L'indice de réfraction **(n)** d'un milieu transparent et homogène est le rapport de la vitesse de la lumière de la vide c sur la vitesse de la lumière dans le milieu étudié **(v).**

$$n = c / v$$

L'indice de réfraction est une grandeur sans unité. Pour un liquide : $1,3 < n < 1,7$

L'indice de réfraction **(n)** dépend de la longueur d'onde de la radiation et de la température :

- La longueur d'onde de référence est la raie D du sodium ($\lambda = 589$ nm).
- Les indices de réfraction sont tabulés à 20°C : pour comparer la valeur

B-2 Mode opératoire :

L'indice de réfraction d'un liquide est mesuré avec un réfractomètre d'Abbe.

Etalonner le réfractomètre.

Déposer prisme.

Abaisser le prisme supérieur.

Tourner le verrier du compensateur afin d'obtenir une image la plus nette possible.

Amener l'interface clair-obscur au centre du réticule à l'aide du second verrier.

Lire la valeur de l'indice dans l'oculaire.

Calculer la valeur de l'indice de réfraction à 20°C afin de le comparer à sa valeur tabulée

.

Figure 16 : un Réfractomètre d'Abbe

B-3 Expression des résultats :

Expérimentale mesurée à la température t (°C) avec la valeur tabulée, il convient d'appliquer la formule suivante :

$$\mathbf{n^{20} = n\,t + 0{,}00045\,(t - 20)}$$

n^{20} : L'indice de réfraction à 20°C.

n T : L'indice de réfraction à la température de l'analyse.

T : La température de l'échantillon pendant l'analyse.

0,00045 : La variation de l'indice de réfraction des triglycérides par degré au voisinage de 20°C

La mesure d'un indice de réfraction permet d'identifier un liquide et de contrôler sa pureté. La présence d'impuretés modifie la valeur de l'indice de réfraction.

C- Indice de peroxyde (IP)

L'indice de peroxyde est la quantité de substances présentes dans l'échantillon, exprimée en milliéquivalents d'oxygène actif par kilogramme, qui oxydent l'iodure de potassium dans les conditions opératoires décrites.

C-1 PRINCIPE

Traitement de la prise d'essai, en solution dans de l'acide acétique et du chloroforme, par une solution d'iodure de potassium. Titrage de l'iode libéré avec une solution étalonnée de thiosulfate de sodium.

C-2 Mode opératoire :

- 5 g de l'huile de poisson est mis en solution dans un mélange de 12 ml chloroforme et 18 ml d'acide acétique

- Ajoutée une solution d'iodure de potassium (1ml)

- Agitation durant 1 min avant de mettre au repos à l'abri de la lumière pendant 5 min à une température comprise entre 15 et 25°C.

- On ajoute 75 ml d'eau distillée suivi par une agitation rigoureuse.

- Titré l'iode libéré par une solution de thiosulfate de sodium (0,01 N).

- En présence d'empois d'amidon comme indicateur. Parallèlement à la détermination, effectuer un essai à blanc.

C-3 Expression des résultats

$$\mathbf{IP = (V - V0) \times N \times 1000 / P \ (meq\ O2/\ Kg)}$$

IP : Indice de peroxyde ;

N : Normalité de Na2S2O3 (0,01N) ;

V0 : Volume de Na2S2O3pour l'essai.

P : Poids de la prise d'essai (g).

V : Volume de Na2S2O3 utilisé dans le titrage (ml)

D- L'indice d'acide

L'indice d'acide et l'acidité rendent compte de l'altération par hydrolyse des matières grasses. L'indice d'acide (IA) correspond au nombre de mg d'hydroxyde de potassium nécessaires pour neutraliser les acides gras libres présents dans 1 g de corps gras. IA s'exprime en mg/g. L'acidité correspond à la teneur en acides gras libres. Elle s'exprime en pourcentage en masse, et est fréquemment basée sur la teneur en acide oléique.

D-1 Principe : La détermination de l'indice d'acide et de l'acidité repose sur la mise en solution de la matière grasse dans un solvant (éthanol), puis titrage des acides présents avec une solution éthanolique d'hydroxyde de potassium.

$$\mathbf{R\text{-}COOH + KOH \rightarrow R\text{-}COOK^{*} + H20}$$

Avec R-COCH : acides gras libres

D-2 Mode opératoire :

• Peser avec précision 2 g de matière grasse dans un erlenmeyer de 100 mL

• Ajouter 50 mL d'éthanol neutralisé et dissoudre la prise d'essai en chauffant légèrement si nécessaire.

• Ajouter 5 à 6 gouttes d'indicateur coloré (phénolphtaléine).

• Titrer à l'aide d'une solution titrée d'hydroxyde de potassium éthanolique 0,1M en agitant constamment. Le point final de titrage est atteint lorsque l'ajout d'une seule goutte d'alcali provoque un changement de couleur rose persistante net (même s'il est léger) et persistant.

Figure 17 : système de titrage utilisé

D-3 Expression des résultats :

$$\mathbf{IA = (V \times 56.1 \times N) / P\ (mg\ de\ KOH/g\ d'huile)}$$

P : Masse (g) de la prise d'essai.

56,1 : Masse molaire, exprimée en g/mole, d'hydroxyde de potassium**.**

V : Volume en ml de KOH (0,1 N) nécessaire au titrage**.**

N : Normalité de la solution de potasse (0,1 N).

II -6 Étude macroscopique des huiles

A- Détermination de la couleur

Principe

La détermination de la couleur est effectuée par un colorimètre LOVIBOND constitué de deux séries de verres colorées : jaune et rouge, la couleur de l'huile est comparée à une couleur obtenue suite à la superposition de ces verres colorés.

B- Détermination de l'Apparence de l'huile de Poisson

O Prendre un échantillon d'huile de poisson et le placer dans un récipient propre et transparent (comme un bécher ou un flacon en verre) pour faciliter l'observation.

C- Observation visuelle :

O Examiner l'huile sous une lumière naturelle ou blanche standard pour éviter toute altération de couleur due à l'éclairage.

D- Détermination de l’odeur de l'huile de Poisson

Pour déterminer l'odeur de l'huile de poisson, on verse une petite quantité dans un récipient propre et on l'amène à température ambiante. Dans une pièce bien ventilée, sans odeurs parasites, on approche le récipient à environ 10-15 cm du nez et on inspire doucement pour percevoir les premières impressions olfactives. On évalue ensuite l'intensité (faible à très forte) et la qualité de l'odeur (agréable ou désagréable.

III Résultats et discussion

1- Rendements de l'extraction des huiles du thon

Rendement de l'extraction des huiles du thon par extraction Soxhlet = **74 %**

Rendement de l'extraction des huiles du la chaire par extraction Soxhlet = **70 %**

Rendement de l'extraction des huiles du la peau par extraction Soxhlet = **85,05 %**

Le rendement est calculé en appliquant la formule ci-après :

R (%) = QE/Mpa x 100.

Avec **R** (%) est le rendement ; **QE** est la quantité d'huile extraite exprimée en gramme et **Mpa** est la masse de chaire du poisson analysée exprimée en gramme

Tableau 4 : Rendements de l'extraction des huiles

Méthode d'Extraction	**Rendement (%)**
L'extraction des huiles du chair	**70 %**
L'extraction des huiles du la peau	**85,05 %**

Les résultats obtenus montrent une extraction satisfaisante et significatif des huiles du thon, réalisée par la méthode d'extraction soxhlet

Figure 18 : les huiles récupérées après l'extraction

Les extractions de huiles ont été réalisée en utilisant deux solvants le cyclohexane et le chloroforme, le recours à ces deux solvants a été motivé par leur propriété complémentaire vis-à-vis des composes lipidique, le solvant volatil choisi n'est pas parfaitement adapté pour les lipides présents dans le poisson

2- Résultats des Analyses Physico-chimique des huiles

Caractéristique d'huile de poisson extrait	**Résultats trouvés des huiles a partir de la chaire**	**Résultats trouvés des huiles a partir de la peau**	**Norme**
Indice de Réfraction	**1,279**	**1,3**	**1,4785**
Indice de Peroxyde	**4,01 Meq D'O2/KG**	**4,6 Meq D'O2/KG**	**2,0 – 5,5 Meq D'O2/KG**
Densité	**0,86**	**0,9**	**0.96796**
Indice d'acide	**12,3 mg KOH gr**	**14,2 mg KOH gr**	**0,10 – 36,16 (brut) mg KOH gr**
Odeur	**Caractéristique au produit**	**Caractéristique au produit**	**Caractéristique au produit**
Apparence	**Liquide visqueux**	**Liquide visqueux**	**Liquide visqueux**
Couleur	**Jaune vers le marron**	**Jaune vers le marron**	**Jaune**
Ph	**3,96**	**3.9**	**4-5**

United States Patent Mizushima et al.

D’après les résultats suivants :

Indice de réfraction. Les deux huiles présentent un indice de réfraction inférieur à la norme de référence (1,4785), avec une valeur légèrement plus faible pour l'huile de chair (1,279) que pour celle de la peau (1,300). Ce paramètre étant directement lié au degré d'insaturation des acides gras — plus une huile est insaturée, plus son indice de réfraction est élevé (*Andhale et al., 2017*) — cet écart suggère que l'huile de chair contiendrait une proportion légèrement plus faible d'acides gras insaturés, ou traduit une différence d'efficacité d'extraction selon le tissu source. Ces valeurs restent néanmoins en deçà de la fourchette généralement rapportée pour les huiles comestibles (1,40–1,47) par *Abdulkadir et al. (2010*), ce qui peut être lié aux conditions opératoires (température, durée, solvant) ou à la composition spécifique des tissus du thon étudié.

Indice de peroxyde. Les deux huiles se situent dans l'intervalle de la norme retenue (2,0–5,5 meq O_2/kg), indiquant un état d'oxydation primaire maîtrisé au moment de l'analyse. L'huile de peau (4,60) affiche toutefois une valeur plus élevée que celle de la chair (4,01), ce qui peut s'expliquer par une teneur plus importante en acides gras polyinsaturés dans le tissu cutané, plus sensible à l'oxydation *(Christie, 1982)*.

Densité. Les densités mesurées (0,86 pour la chair, 0,90 pour la peau) sont inférieures à la norme (0,96796) et à celle de l'eau, ce qui reste cohérent avec les caractéristiques habituelles des corps gras *(Sahasrabudhe et al., 2017)*. L'écart entre les deux huiles pourrait refléter une différence de composition en triglycérides selon le tissu d'origine.

Indice d'acide. Les valeurs obtenues (12,3 pour la chair, 14,2 pour la peau) se situent largement dans la plage de la norme retenue pour une huile brute (0,10–36,16 mg KOH/g), traduisant un degré d'hydrolyse modéré. L'indice légèrement plus élevé pour la peau pourrait indiquer une activité lipolytique plus marquée dans ce tissu.

pH. Les pH mesurés (3,96 et 3,90) sont légèrement inférieurs à la norme (4–5), ce qui est cohérent avec la présence d'acides gras libres révélée par l'indice d'acide — ces deux paramètres étant généralement corrélés.

L’Odeur : L'oxydation des acides gras libres engendre des composés volatils responsables d'une odeur rance et désagréable, typique des huiles altérées.

L’Apparence : La dégradation se manifeste par une perte de transparence, avec l'apparition de trouble, de particules en suspension et de sédiments.

La Couleur : L'oxydation des pigments naturels induit un assombrissement de l'huile, qui peut prendre des teintes allant du jaune à l'orange, voire au brun.

Caractérisation des huiles du Thon par IR

La spectroscopie infrarouge est une méthode très utile permettant d'analyser rapidement la composition des huiles dans ces produits.

Le spectre IR de l'huile de Thon (Figure19) montre l'existence :

D'une bande forte, à **3000-2800 cm^{-1}** dûe à la vibration d'élongation des liaisons Liaison C-H

Les huiles de poisson, riches en acides gras à longue chaîne, montrent ces bandes. Selon Silverstein et al.,2005. Ces vibrations d'étirement sont communes dans les hydrocarbures et leurs dérivés.

D'un pic fort, à une fréquence ***ν* =1743,77 cm^{-1}**, dû à la vibration d'élongation de la double liaison C=O.

Ce pic fort est généralement associée à l'étirement de la liaison C=O dans les groupes carbonyles, tels que ceux présents dans les triglycérides. L'huile de poisson, composée principalement de triglycérides, montre une forte absorption dans cette région (généralement entre 1740 et 1720 cm^{-1}). Ce pic est mentionné comme une caractéristique des esters d'acides gras dans les travaux de Gunstone et al.,2007 sur les lipides et les huiles.

D'un pic vers **1241,57 -1100 cm^{-1}**, dû à la vibration d'étirement de la liaison C-O.

Les huiles de poisson contiennent des triglycérides, et les vibrations d'étirement C-O apparaissent dans cette région. Cela a été confirmé dans plusieurs études sur les huiles comestibles.

D'une bande large, à **720-510 cm^{-1}**, dûe à la vibration de déformation angulaire de la double liaison C=C liaison son C-H d'élongation de la liaison C-H du groupement méthylène.

Cette bande est observée dans les hydrocarbures à longue chaîne, comme dans les acides gras saturés et insaturés des huiles de poisson. Selon Gunstone, cette bande reflète l'oscillation des groupes -CH_2- dans des structures longues et régulières.

Le **s**pectre IR de l'huile de Thon **(Figure 19)** permet de bien comprendre la composition chimique de l'huile. La forte présence de bandes liées aux liaisons C=O et C-H confirme la nature des triglycérides présents dans l'huile. Les bandes associées aux liaisons C=C donnent des informations sur la teneur en acides gras insaturés (oméga-3), qui est un indicateur de la qualité de l'huile

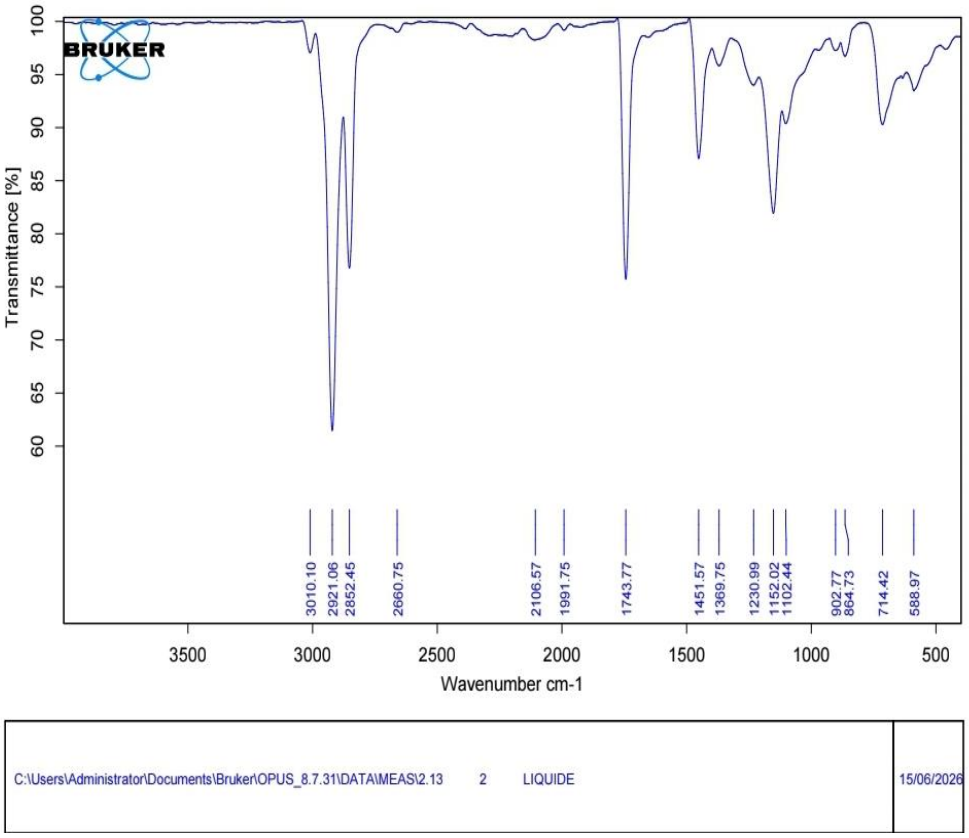

Figure 19 : Spectre IR de l'huile de Thon

Les analyse des ultra-violets des huiles récupérée ont fait chez le Centre de Recherche scientifique en Analyses Physico-chimique CRPC

3-Les calculs des indices des analyses physico-chimiques de l'huile

A-L 'indice de réfraction

Apres la lecture du la valeur de l'indice de réfraction indique dans l'oculaire et d'âpres la formule suivante

$$\mathbf{n^{20} = n\,t + 0{,}00045\,(t - 20)}$$

n^{20} : L'indice de réfraction à 20°C.

n T : 1,279.

T = 20°C

0,00045 : La variation de l'indice de réfraction des triglycérides par degré au voisinage de 20°C

$n^{20} = n\,t + 0{,}00045\,(t - 20)$

$n^{20} = 1{,}279 + 0{,}00045\,(20 - 20)$

$n^{20} = 1,279+ 0$

$n^{20} = 1,279$

B-Indice de peroxyde (IP)

Au laboratoire, l'indice de peroxyde est déterminé par titrage iodométrique. Une masse de 5g d'huile dissoute et traite avec iodure de potassium. L'iode libéré est titre par thiosulfate de sodium (0,01 N) En présence d'empois d'amidon comme indicateur

Apres cette manipulation et d'âpres la formule suivante le calcule donne un indice de peroxyde de 4 meq O2/ Kg indiquant le degré d'oxydation de l'huile

IP = (V – V0) x N x 1000 / P (meq O2/ Kg)

N : 0,01N

V0 : 31 ml.

P : 5g.

V : 33ml

Avec l'application des valeur attente IP = (V – V0) x N x 1000 / P

IP= (33−31) ×0,01×1000 / 5

IP= 2× 10/ 5

IP= 4 meq O2/ Kg

C-Indice d'acide

On a déterminé l'indice d'acide en réalisant un titrage acido-basique, une masse de 2g d'huile a été dissoute dans l'éthanol et puis titre avec le KOH éthanolique 0,1 N en ajoutant 5 à 6 goutes de phénophtaléine comme indicateur

Le point d'équivalence est atteint lorsqu'une coloration rose persistante apparait

Le volume de la solution titre est de 4,39 ml en appliquant la formule On obtient un indice de 12,3 mg de KOH/g d'huile :

IA = (V × 56.1 × N) / P (mg de KOH/g d'huile)

P : Masse (2g) de la prise d'essai.

V : 4,39 ml de KOH (0,1 N) nécessaire au titrage**.**

N : (0,1 N).

IA = (V × 56.1 × N) / P

IA = 4,39×56,1×0,1/ 2

IA =24,6179/ 2

IA =12,3 mg KOH gr

D-Densité

Pour déterminer la densité de l'huile ont ajouté 200 ml d'échantillon dans une éprouvette graduée de 250 ml, un densimètre été plonge dans l'huile et le laisse repos jusqu'à stabilisation, La densité lue directement sue le densimètre était de 0,859 a une température de 27°C. Les résultats sont exprimés selon la formule suivante :

DT' = DT + 0,00069 (T-T')

DT = 0.859

DT′ = 0.864

T = 27°C

T′ = 20°C

DT' = DT + 0,00069 (T-T')

DT' = 0.859+0.00069(27−20)

DT' = 0.859+0.00069×7

DT' = 0.864

Conclusion

Conclusion

Le thon, poisson pélagique appartenant comme le maquereau à la famille des Scombridés, constitue une espèce d'intérêt majeur pour la valorisation des sous-produits de la pêche, notamment par la production d'huiles riches en acides gras polyinsaturés (oméga-3) à partir de tissus tels que la chair ou la peau. Dans notre étude, l'extraction de l'huile de thon a été réalisée par la méthode de Soxhlet, à partir de la chair et de la peau, avec des rendements élevés (70 % pour la chair et 85,05 % pour la peau), traduisant une bonne efficacité d'extraction. Plusieurs analyses physico-chimiques ont ensuite été effectuées sur ces huiles, telles que l'indice de réfraction, l'indice d'acidité, la densité, l'indice de peroxyde et le pH. D'après les résultats obtenus, l'indice de réfraction, bien que légèrement inférieur à la norme, reste cohérent avec la présence d'acides gras insaturés caractéristiques des huiles de poisson ; l'indice de peroxyde, mesuré afin d'évaluer le degré d'oxydation de l'huile — critère sensible permettant d'apprécier les premières étapes d'une détérioration oxydative — se situe dans la fourchette de la norme pour les deux huiles ; l'indice d'acide, nettement inférieur à la limite supérieure de la norme, indique une faible hydrolyse et donc une bonne stabilité de l'huile face à l'oxydation par l'air ; enfin, la densité des huiles de thon, comme celle de la plupart des corps gras, demeure inférieure à celle de l'eau (1 g/mL). Ces résultats confirment globalement la bonne qualité des huiles extraites du thon, qu'elles proviennent de la chair ou de la peau, et soulignent l'intérêt de valoriser ce poisson, en particulier ses sous-produits, comme source d'huile destinée aux secteurs alimentaire et pharmaceutique

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES

1. ***Abdulkadir, M., Abubakar, G. I., & Mohammed, A. (2010). Production and characterization of oil from fishes. Journal of Engineering and Applied Sciences, 5, 769–776.***
2. ***Aberoumand, A., & Fazeli, M. (2019). Valeurs nutritionnelles du thon. Cités dans Tableau 02 du mémoire.***
3. ***Andhale, R. R., Syed, H. M., Bhavsar, G. J., & Dagadkhair, A. C. (2017). Fatty acid profile and differential scanning colorimetric (DSC) characterization of fish oil extracted from the fresh water catla catla fish. International Journal of Pure & Applied Bioscience, 5, 249–257.***
4. ***AOAC (1990). Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C.***
5. ***Barnathan, G. (2010). Marine lipids: Overview and recent advances. Advances in Food and Nutrition Research, 61, 1–52.***
6. ***Bergé, J. P., & Barnathan, G. (2005). Marine lipids as a source of omega-3 fatty acids: Structural and functional aspects. OCL – Oilseeds and fats, Crops and Lipids, 12(4), 259–270.***
7. ***Bligh, E. G., & Dyer, W. J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. Canadian Journal of Biochemistry and Physiology, 37(8), 911–917.***
8. ***Block, B. A., et al. (2001). Migratory movements, depth preferences, and thermal biology of Atlantic bluefin tuna. Science, 293, 1310–1314.***
9. ***Christie, W. W. (1982). Lipid Analysis. Isolation, Separation, Identification and Structural Analysis of Lipids. Pergamon Press.***
10. ***Collette, B. B. (2001). Scombridae. In FAO Species Catalogue, Vol. 2.***
11. ***Collette, B. B., & Nauen, C. E. (1983). FAO Species Catalogue. Vol. 2. Scombrids of the World. FAO Fisheries Synopsis, No. 125.***
12. ***Dumay, J. (2006). Extraction de lipides en voie aqueuse par biocatalyse. Thèse de doctorat, Université de Nantes.***

13. *Eggleston, D. B., & Bochenek, E. A. (1990). Stomach contents of bluefin tuna. Fishery Bulletin.*

14. *FAO (2018). The State of World Fisheries and Aquaculture. Rome : FAO.*

15. *Folch, J., Lees, M., & Sloane Stanley, G. H. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. Journal of Biological Chemistry, 226(1), 497–509.*

16. *Froese, R., & Pauly, D. (2025). FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org*

17. *Guilminot, É., Lemoine, G., Pele, C., Poisson, L., & Surbled, M. (2011). La conservation des os gras : recherche d'un traitement de dégraissage des squelettes de baleine. ArchéoSciences, 35, 201–212. https://doi.org/10.4000/archeosciences.3175*

18. *Ifremer (2012). Schéma de principe de fabrication des hydrolysats protéiques. Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer.*

19. *Leiwakabessy, C., et al. (2019). Fatty acid composition of tuna (Thunnus sp.). Journal of Fisheries Sciences.*

20. *Lethuillier, A. (2015). Applications des lipases en industrie. Rapport technique.*

21. *Linder, M., et al. (2002). Enrichissement des huiles de poisson en oméga-3 par voie enzymatique. OCL, 9(2).*

22. *Lozachmeuret, B. (2008). Les huiles de poisson : sources et applications. Industries alimentaires et agricoles.*

23. *Maguire, J. J., et al. (2006). The State of World Highly Migratory, Straddling and Other High Seas Fishery Resources and Associated Species. FAO Fisheries Technical Paper, No. 495.*

24. *Mather, F. J., Mason, J. M., & Jones, A. C. (1995). Historical Document: Life History and Fisheries of Atlantic Bluefin Tuna. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-370.*

25. *Messina, C. M., Arena, R., Manuguerra, S., La Barbera, L., Curcuraci, E., Renda, G., & Santulli, A. (2022). Valorization of Side Stream Products from Sea Cage*

Fattened Bluefin Tuna (Thunnus thynnus): Production and In Vitro Bioactivity Evaluation of Enriched ω-3 Polyunsaturated Fatty Acids. Marine Drugs, 20(5), 309.

26. *MRPH (2001). Statistiques de la pêche. Ministère de la Pêche et des Ressources Halieutiques, Algérie.*

27. *Najeh, I., Tliba, I., Besbes, N., Bouslama, Z., & Sadok, S. (2016). Évaluation de la qualité de la daurade royale (Sparus aurata) d'élevage sur le marché tunisien. Bull. Inst. Natn. Scien. Tech. Mer de Salammbô.*

28. *Płotka-Wasylka, J., Rutkowska, M., Owczarek, K., et al. (2016). Soxhlet extraction: Past and present panacea. Journal of Chromatography A, 1421, 1–9.*

29. *Riediger, N. D., et al. (2009). A systemic review of the roles of n-3 fatty acids in health and disease. Journal of the American Dietetic Association, 109(4), 668–679.*

30. *Sahasrabudhe, S. N., Rodriguez-Martinez, V., O'Meara, M., & Farkas, B. E. (2017). Density, viscosity, and surface tension of five vegetable oils at elevated temperatures. International Journal of Food Properties, 20, 1965–1981.*

31. *Sardenne, F., et al. (2020). Valeurs nutritionnelles du thon. Cités dans Tableau 02 du mémoire.*

32. *Sidhu, K. S. (2003). Health benefits and potential risks to consumption of fish or fish oil. Regulatory Toxicology and Pharmacology, 38, 336–344.*

33. *Srigley, C. T., & Mossoba, M. M. (2016). Current Analytical Techniques for Food Lipids. In Food Safety (pp. 33–64). Wiley. https://doi.org/10.1002/9781119160588.ch3*

34. *Tomac, A., Cova, M. C., Narvaiz, P., & Yeannes, M. I. (2015). Texture, color, lipid oxidation and sensory acceptability of gamma-irradiated marinated anchovy fillets. Radiation Physics and Chemistry, 106, 337–342.*

35. *Ünlüsayın, M. (2007). Chemical and sensory assessment of hot-smoked fish pâté. Journal of Fisheries Sciences.com, 1(1), 20. https://doi.org/10.3153/jfs.com00101.2007003*

Annexe

2- Résultats des Analyses Physico-chimique des huiles

Caractéristique d'huile de poisson extrait	Résultats trouvés des huiles a partir de la chaire	Résultats trouvés des huiles a partir de la peau	Norme
Indice de Réfraction	1,279	1,3	1,4785
Indice de Peroxyde	4,01 Meq D'O2/KG	4,6 Meq D'O2/KG	2,0 – 5,5 Meq D'O2/KG
Densité	0,86	0,9	0.96796
Indice d'acide	12,3 mg KOH gr	14,2 mg KOH gr	0,10 – 36,16 (brut) mg KOH gr
Odeur	Caractéristique au produit	Caractéristique au produit	Caractéristique au produit
Apparence	Liquide visqueux	Liquide visqueux	Liquide visqueux
Couleur	Jaune vers le marron	Jaune vers le marron	Jaune
Ph	3,96	3.9	4-5

United States Patent Mizushima et al.

Pr. Ait Saada B
Directeur de
Recherche du
Labo. de Tech.
Alim. et Nutrition
Le 22/06/2026.

Je confirme que l'étudiant
M. Ali Marina Mohamed
et son binome M.
Khaliy Abdellah ont
realisé les manipulations
au sein de Mon Laboratoire
de Recherche